

晚奥陶世北秦岭弧后盆地放射虫组合

崔智林 华洪 宋庆原

西北大学地质学系, 西安, 710069

内容提要 陕西渭北地区晚奥陶世裂陷成深水环境, 构成北秦岭弧后盆地的一部分, 接受了一套碳酸盐岩斜坡相沉积。在其下部地层首次分离出一个保存良好, 属种丰富的放射虫化石组合 *Inanibigutta* aff. *inconstans*-*Syntagentactinia biocculosa* 组合, 计有 7 科、14 属、23 种、4 新种, 以 *Inaniguttidae*、*Haplentactiniidae*、*Polyentactiniinae* 为特征, 与哈萨克斯坦放射虫组合面貌一致, 不存在澳洲和美洲的 *Kalimnaspheera* 等分子, 就目前所知亚洲这一地区是全球奥陶纪放射虫分异度最高的地区, 反映了北秦岭古海洋与古亚洲洋是相通的。

关键词 奥陶纪 放射虫 古地理

目前全球奥陶纪放射虫化石的研究程度总体还比较低。国外的研究主要见于美国、哈萨克斯坦、澳大利亚等国。国内的研究过去主要在甘肃平凉上奥陶统和北祁连中奥陶统(Li, 1995; Wang, 1996)。近来我们在陕西渭北富平赵老峪(图1)上奥陶统发现了一个保存良好、分异度较高的放射虫组合, 对研究奥陶纪放射虫分类、生物地层和古地理具有重要意义。

早古生代秦岭的基本构造格局是以商丹主缝合带为界, 北侧为华北板块古活动大陆边缘, 以南为南秦岭古被动大陆边缘(张国伟等, 1988)。丹凤蛇绿岩带是北秦岭洋壳俯冲闭合的证据, 其中硅质岩产放射虫, 时代为奥陶纪—志留纪。秦岭群是一个复杂的构造岩层组合体, 构成岛弧链。北侧的二郎坪群、陶湾群等为火山、沉积岩系, 代表了弧后盆地的产物。渭北地区属华北板块, 但是, 该区上奥陶统与华北地台其他地区典型的陆表海沉积(汪啸风, 1980a; 汪啸风, 1980b; 章雨旭等, 1997)。不同, 该区晚奥陶世由于北秦岭洋壳的俯冲, 陷落为弧后盆地陆缘深水环境, 接受了一套斜坡相碳酸盐岩沉积, 包括滑塌、碎屑流和浊积沉积(梅志超, 1986), 构成北秦岭弧后盆地的一部分。近几年来, 对陕北奥陶系的研究较多(陈郁华等, 1998; 浦仁海等, 1998; 鲍志东等, 1999), 但对本文所研究的地区的研究尚不多(安太庠等, 1985; 梅

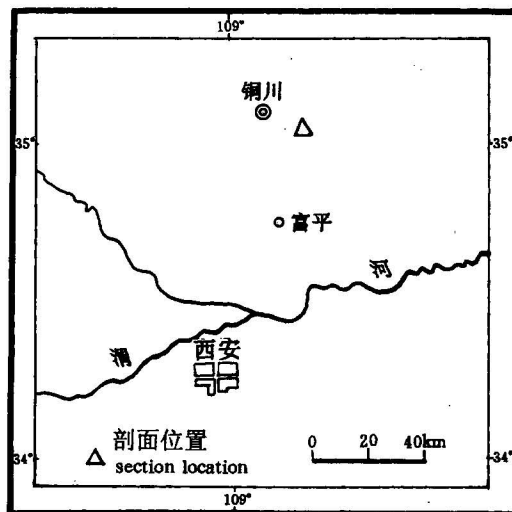


图1 剖面位置图

Fig. 1 Map showing location of section

注: 本文为中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学开放研究实验室资助课题。

本文 1999 年 3 月收到, 9 月改回, 章雨旭编辑。

志超, 1986; 傅力溥等, 1993)。尽管北秦岭洋的存在已经得到许多专家的认可, 但是北秦岭洋与古亚洲洋和原特提斯洋的时空演化关系又是目前大家所关心的焦点问题之一。

1 地层与沉积

陕西渭北富平赵老峪一带发育一套深水碳酸盐地层, 厚约 800 m, 梅志超等 (1986) 命名为赵老峪组。该组下段为深灰色—黑色薄层状泥晶灰岩夹薄层硅质岩和凝灰岩, 富含放射虫、介形虫、笔石, 厚 95 m; 中段为深灰色薄层状灰岩夹角砾状石灰岩和凝灰岩, 产遗迹化石 *Palaeodictyon*、*Squanodictyon*, 厚约 400 m; 上段为深灰色薄板状石灰岩与页状石灰岩, 厚约 300 m (图 2)。傅力溥等 (1993) 在赵老峪、小峪剖面下段找到笔石 *Climacograptus bicornis* Hall。该种在甘肃平凉地区是 *Nemagraptus gracilis* 带上亚带 (*Climacograptus bicornis* 亚带) 的典型分子。赵老峪组含少量牙形石, 组合面貌与邻区桃曲坡剖面耀县组可以对比, 时代为 Caradoc 期。

剖面上薄层泥晶灰岩内发育 *Nereites* 遗迹相, 代表了半远洋沉积, 而角砾状石灰岩和砂屑石灰岩具有重力流的沉积特征, 总体反映了一套碳酸盐斜坡相沉积 (梅志超等, 1986), 与澳大利亚新南威尔士 Malongulli 组的沉积环境相同 (Webby et al., 1986)。

2 放射虫组合及其对比

放射虫化石产于赵老峪剖面赵老峪组下段薄层泥晶灰岩和硅质岩中, 主要化石分子包括 *Inanigutta elongata* Nazarov, *I. complanata* Nazarov, *I. unica* Nazarov, *Inanibigutta* aff. *inconstans* (Nazarov), *I. aksakensis* (Nazarov), *I. aff. vurracula* (Nazarov), *Inanihella penrosei* (Ruedemann et Wilson), *Polyentactinia* ? *estonica* Nazarov, *P. ? offerta* Nazarov, *Syntagentactinia biocculosa* Nazarov et Popov, *S. sp. nov.*, *S. sp.*, *Haplentactinia juncta* Nazarov, *Bipylospongia ovalis* sp. nov., *B. sp.*, *Cenosphaera meii* sp. nov., *C. acantha* sp. nov., *C. sp.*, *Protoceratoidiscus chinocrystallium* Goto et al., *P. aff. chinocrystallium* Goto et al., *Ceratoidiscus* ? sp., *Palaeophippium radices* Goodbody, *Paleotrididus imbifurcus* Renz, *Plaeoscenidiidae* gen. et sp. indet.。本组合分异度较高, 有 7 科、14 属、23 种、4 新种, 以 *Inaniguttidae* 科的极大丰富为特征, 主要属包括 *Inanibigutta*, *Inanigutta*, *Syntagentactinia*, *Polyentactinia* 等, 总

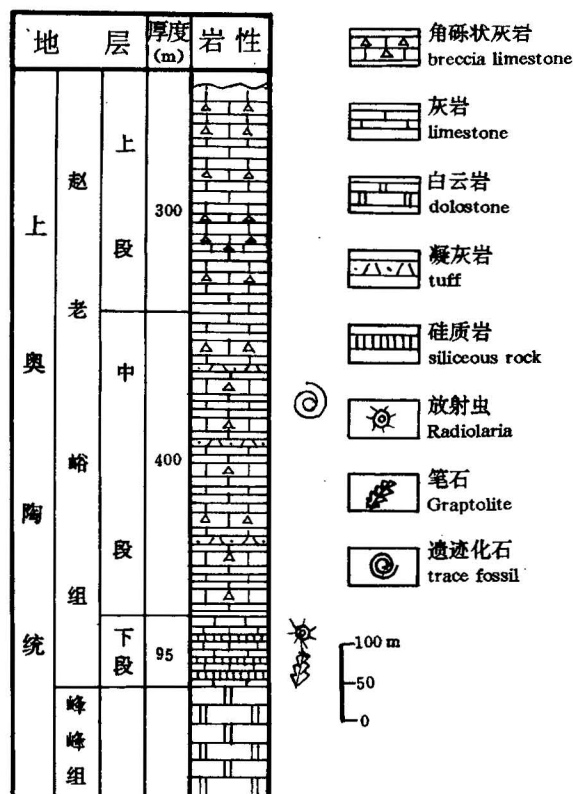


图 2 陕西富平赵老峪晚奥陶世地层柱状剖面图

Fig. 2 Columnar section showing the stratigraphic sequence of the Late Ordovician Zhaolaoyu Formation of Fuping, Shaanxi

体面貌与哈萨克斯坦相似。建立 *Inanibigutta* aff. *inconstans* -*Syntagentactinia biocculosa* 组合。其中 *Bipylospongia* 和 *Cenosphaera* 在奥陶系是首次发现,前者过去仅见于美国德克萨斯州志留系(Noble, 1994),后者过去发现的最低层位是志留系(Noble, 1994; Goto et al., 1992)。*Protoceratoikiseum chinocrystallium* 曾报道于澳大利亚晚奥陶世(Goto et al., 1992)和中国北祁连山中奥陶世(Li, 1995)。但是由于模式标本保存较差,原描述有误,描述为 7 根放射刺,实际上为 6 根,且同心骨骼最多可达 6 层。*Syntagentactinia* 过去主要见于哈萨克斯坦奥陶系(Nazarov et al., 1980),本报道在国内还是首次。*Palaeophippium radices* 曾出现在加拿大志留系(Goodbody, 1986)。其他都是国内外晚奥陶世早期的常见分子。

该组合与邻区平凉剖面平凉组的放射虫组合面貌酷似,以 *Inaniguttidae* 科为主,但后者的分异度较低,没有出现 *Syntagentactinia*, *Bipylospongia*, *Protoceratoikiseum*, *Cenosphaera*, 而以 *Inanihella penrosei* 占优势(Wang, 1996)。王玉净建立了 *Inanihella penrosei* 组合带。出现的层位为 *Nemagraptus gracilis* 带下部 *Syndyograptus* 亚带。可见 *Inanihella penrosei* 组合较本放射虫组合的层位略低。此外,平凉地区没有出现典型的斜坡相沉积,水体可能较浅。

本组合主要属种与中亚哈萨克斯坦东部和东北部 Landeilo—Caradoc 期的 *Haplentactinia juncta*-*Inanigutta unica* 组合面貌一致(Nazarov et al., 1980, 1992),以 *Inaniguttidae*、*Haplentactiniidae*、*Polyentactiniinae* 为主,但是未见哈萨克斯坦的 *Bissylentactinia*, *Anakrusa*, *Auliela* 等属,同时也出现了哈萨克斯坦所缺乏的 *Bipylospongia*, *Protoceratoikiseum*, *Cenosphaera*。

澳大利亚新南威尔士 Malongulli 组产 Caradoc—Arshgill 期放射虫,主要分子有 *Kalimnaspheera maculosa* n. gen. et sp., *Entactinia subulata* n. sp., *E. sp.*, *E. ? sp.*, *Entactiniidae* gen et sp. n A, *Entactiniidae* gen. et sp. n. B, *Auliela taplowensis* n. sp. (Webby et al., 1986)。Goto 等(1992)的研究以 *Entactiniidae*, *Haplentactiniidae* 和 *Palaeoscenidiidae* 为主, *Kalimnaspheera* 较少。这一组合与亚洲相比,以具有脐孔的 *Kalimnaspheera* 占优势为特色,亚洲的优势科 *Inaniguttidae* 的分子很少。Renz (1990)研究了美国内华达州 Hanson Creek 组钙质结核中的一个 Caradoc 期的放射虫组合,面貌与澳大利亚 Malongulli 组相似,以 *Kalimnaspheera* 为主,并建了新属 *Palaeospheera* 和 *Palaeotrifidus*。

因此,本放射虫组合与澳大利亚、北美同期放射虫组合差别明显,而与哈萨克斯坦的相似。

3 古地理

放射虫的地理分布主要受洋流、温度、水深、纬度等因素的控制。在同一海洋的洋流体系中常具相同的放射虫组合。赤道地区的海洋具有较多的共同属种,如现代太平洋和大西洋(Anderson, 1983)。北秦岭丹凤蛇绿岩和放射虫硅质岩相配合指示了沿商丹带存在一个已消失了的古洋盆。其中所发现的放射虫化石以 *Palaeoscenidiidae*、*Inaniguttidae* 为主(崔智林等, 1995)。二郎坪群的蛇绿岩形成于弧后扩张小洋盆(张国伟等, 1993),硅质岩中含与富平共同的放射虫 *Inanibigutta aksakensis* (Nazarov) (王学仁等, 1995)。本区域放射虫主要类别相同,处于同一海洋不同位置,水深可能差异较大。由于放射虫的水深分层现象,可造成组合特征的差别。北祁连蛇绿岩混杂带是北祁连古洋盆存在的证据,含放射虫化石分异度很高,约有 26 个属(Li, 1995)。其中主要属种类别与本区和哈萨克斯坦一致。

中一晚奥陶世渭北地区与北秦岭、北祁连山和哈萨克斯坦的放射虫组合面貌基本一致,主要类别包括 *Inaniguttidae*、*Haplentactiniidae*、*Polyentactiniinae* 和 *Palaeoscenidiidae*, 其中以

Inaniguttidae 科的极大丰富为特征,不存在澳洲和美洲的 *Kalimnaspheera* 等分子,Entactiniinae 含量较低,尤其就目前所知亚洲是这一地质时期全球放射虫分异度最高的地方,而且早古生代是其重要演化阶段。因此,奥陶纪时哈萨克斯坦、天山、北祁连山、北秦岭古海洋可能是相通的,代表了古亚洲洋。古亚洲洋是介于华北板块和塔里木板块与西伯利亚板块之间的一个早古生代海洋,向西存在哈萨克斯坦板块。北秦岭洋放射虫的分异度较低,且出现了 *Bipylospongia*, *Protoceratoidium*, *Cenosphaera* 等,说明北秦岭洋仅是古亚洲洋的一个分支,且与其他古海洋也有联系。低纬度海洋的放射虫组合的分异度较高。结合古地磁资料,古亚洲洋位于低纬度地区或古赤道附近。

本研究得到中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学开放研究实验室和西北大学科研基金的资助,陈旭、王玉净、吴浩若、李红生、张国伟、梅志超等老师提供了资料并给予了支持,中国科学院南京地质古生物所电镜室摄制和冲洗了照片,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 安太库,张安泰,徐建民. 1985. 陕西耀县、富平奥陶系牙形石及其地层意义. 地质学报, 59(2): 97~108.
- 鲍志东,李儒峰,冯增昭. 1999. 鄂尔多斯盆地东西部奥陶系对比再研究. 地质论评, 45(4): 375~381.
- 陈郁华,袁鹤然,杜之岳. 1998. 陕北奥陶系钾盐层位的发现与研究. 地质论评, 44(1): 100~105.
- 崔智林,孙勇,王学仁. 1995. 秦岭丹凤蛇绿岩带放射虫的发现及其地质意义. 科学通报, 40(18): 1686~1689.
- 傅力浦,胡云绪,张子福等. 1993. 鄂尔多斯中一上奥陶统沉积环境的生物标志. 西北地质科学, 14(2): 1~88.
- 梅志超,李文厚. 1986. 陕西富平中一上奥陶统深水碳酸盐重力流沉积模式. 沉积学报, 4(1): 34~41.
- 蒲仁海,徐怀大. 1998. 鄂尔多斯盆地奥陶系丘形反射的解释及其与礁的关系. 地质论评, 44(5): 522~528.
- 王学仁,华洪,孙勇. 1995. 河南西峡弯潭地区二郎坪群微体化石研究. 西北大学学报, 25(4): 353~358.
- 汪啸风. 1980a. 中国的奥陶系. 地质学报, 54(1): 1~8.
- 汪啸风. 1980b. 中国的奥陶系(续). 地质学报, 54(2): 85~94.
- 张国伟等. 1988. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安, 西北大学出版社.
- 张国伟,李曙光. 1993. 秦岭造山带的蛇绿岩. 地学研究, 26: 13~24.
- 章雨旭,彭阳,高林志. 1997. 北京西山寒武系一奥陶系主要副层序类型及其形成机制探讨. 地质论评, 43(2): 148~154.
- Anderson O R. 1983. Radiolaria. New York: Springer-Verlag, 212~264.
- Goodbody Q H. 1986. Wenlock Palaeosconidiidae and Entactinidae(Radiolaria) from the Cape Phillips Formation of the Canadian Arctic Archipelago. Micropaleontology, 32(2): 129~157.
- Goto H, Umeda M, Ishiga H. 1992. Late Ordovician from the Lachlan Fold Belt, Southeastern Australia. Mem. Fac. Sci. Shimizu Univ., 26: 145~170.
- Li Hong-sheng. 1995. New genera and species of Middle Ordovician Nassellaria and Albiellaria from Baijingsi, Qilian Mountains, China. Scientia Geologica Sinica, 4(3): 331~346.
- Nazarov B B, Popov L E. 1980. Stratigraphy and fauna of the siliceous-carbonate sequence of the Ordovician of Kazakhstan(radiolarians and inarticulate brachiopods). Trudi Gin Acad. Sci. USSR, 331: 1~182.
- Nazarov B B, Ormiston A R. 1992. New biostratigraphically important Paleozoic Radiolaria of Eurasia and North America. Micropaleontology Special Publication, 6: 22~60.
- Noble P J. 1994. Silurian radiolarian zonation for the Caballos Novaculite, Marathon Uplift, west Texas. Bull. Amer. Paleont., 106(345): 5~55.
- Renz G W. 1990. Late Ordovician (Caradocian) radiolarians from Nevada. Micropaleontology, 36(4): 367~377.
- Wang Y J. 1996. Middle Ordovician radiolarians from the Pingliang Formation of Gansu Province, China. Micropaleontology Special Publication, 6: 98~114.
- Webby B D, Blom W M. 1986. The first well-preserved radiolarians from the Ordovician of Australia. Jour. Paleont., 60(1): 145~157.

图 版 说 明

(图版为主要属种代表,标本全部产自陕西富平赵老峪上奥陶统赵老峪组下部,保存在西北大学地质学系)

1. *Inanibigutta aksakensis* (Nazarov), $\times 165$, 编号 980051;
- 2, 3. *I. aff. inconstans* (Nazarov), $\times 95$, 编号 980052, 980053;
4. *Inanigutta elongata* Nazarov, $\times 50$, 编号 980054;
5. *Inanibigutta aff. vurracula* (Nazarov), $\times 75$, 编号 980055;
6. *Inanihella penrosei* (Ruedemann et Wilson), $\times 55$, 编号 980056;
7. *Haplentactinia juncta* Nazarov, $\times 160$, 编号 980057;
8. *Syntagentactinia biocculosa* Nazarov et Pop, $\times 80$, 编号 980058;
9. *Syntagentactinia* sp. nov., $\times 110$, 编号 980059;
10. *Protoceraoikiseum aff. chinocrystallium* Goto et al., $\times 80$, 编号 980051;
11. *Cenosphaera meii* sp. nov., $\times 165$, 编号 980060;
12. *Cenosphaera acantha* sp. nov., $\times 165$, 编号 980061;
13. *Paleotrifidus imbrifurcus* Renz, $\times 165$, 编号 980062;
14. *Protoceraoikiseum chinocrystallium* Goto et al., $\times 80$, 编号 980063;
15. *Bipylospongia ovalis* sp. nov., $\times 140$, 编号 980066;
16. *Polyentactinia ? estonica* Nazarov, $\times 160$, 编号 980067;
17. *P. offerta* Nazarov, $\times 160$, 编号 980068.

The Late Ordovician Radiolarian Assemblage of the North Qinling Back-arc Basin, China

Cui Zhilin Hua Hong Song Qingyuan

Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069

Abstract

The Weibei area is located on the north side of the Weihe River near the Qinling Mountains. During the early Palaeozoic it belonged to the North China carbonate platform, but at the beginning of the Late Ordovician, it subsided and developed into a deep-water basin merging into the North Qinling back-arc basin, where it received carbonate slope deposits of a total thickness of about 800 m, including thin-bedded limestones, cherts, tuff and brecciform limestone as well as slumped limestones. This set of strata, named the Zhaolaoyu Formation by Mei Zhichao et al., yields radiolarians, graptolites and conodonts in its lower part. Graptolites and conodonts collected from the thin-bedded limestones indicate a Caradocian age. The well-preserved radiolarian *Inanibigutta aff. inconstans*—*Syntagentactinia biocculosa* assemblage produced in it is characterized by a high diversity with 7 families, 14 genera and 23 species, the dominance of *Inaniguttidae*, *Haplentactiniidae* and *Polyentactiniinae*, and especially *Inanigutta*, *Inanibigutta*, and *Polyentactinia*, inadequacy of *Entactiniinae* and *Palaeoscenediidae* existing dominantly in the Ordovician of Europe, America and Australia, in particular, and absence of the important element, *Kalimnasphaera*, of Australia and America. Therefore, the general feature of this assemblage is very similar to that of the Landeilo—Caradocian assemblage of Kazakhstan. As is known at present, Asia is the place rich in the most highly diverse Ordovician radiolarian fossils. These facts indicate that the ancient Qinling Ocean can have been related to the Palaeasia Ocean.

Key words: Ordovician; radiolaria; palaeogeography

作者简介

崔智林,男,1958年生。1984年于西北大学地质学系获硕士学位,现任西北大学地质学系副教授,一直从事微体古生物学和古生态学的教学与研究工作。通讯地址:710069,西安太白路1号,西北大学地质学系;E-mail: cuizl@pub. xonline. com。

